

物体特徴知識ベースを用いた物体認識 Object recognition from knowledge base of object features

古川 拓也[†] 吉村 枝里子[‡] 土屋 誠司[‡] 渡部 広一[‡]
Takuya Furukawa Eriko Yoshimura Seiji Tsuchiya Hirokazu Watabe

1. はじめに

本研究では人間のパートナーとなるロボットの機能の一つとして、ロボットの物体把持における指示物体の認識に焦点を当てて研究を行った。ロボットに把持させたい物体の指示を行ったとき、ロボットはカメラから得られた画像情報から指示されているものがどれなのか認識する必要がある。複数の物体から指示物体を認識する物体認識手法は多く提案されており^[1]手法も多岐にわたる。多くの手法は知識として RGB 値の数値など一定の値を与えそれと一致するか否かで判断を行っている。しかし、“赤”や“青”などのような一定の値ではない言葉では物体の特徴認識は難しい。そこで本研究では、“赤”や“青”のような曖昧な一定の値でない言葉を前もって知識として与え、物体の情報が一定の値でなく曖昧でも柔軟に対応できる物体認識手法を提案する。

2. 提案手法

本研究では、認識したい物体の名前である“目標物体名”と“複数物体が写った画像”を入力とする。これは、ロボットに搭載されたカメラの画像情報上の複数の物体から指示された物体を判断し把持させる状況を想定している。本研究では実験的にカメラの位置は固定とした。

あらかじめ、“物体名”と物体の特徴となる“色”、“形”、“大きさ”が格納された知識ベース(以降、物体特徴知識ベース)を用意する。はじめに、目標物体名の物体特徴を物体特徴知識ベースから取得する。次に入力画像に対し背景差分法^[2]により物体を抽出し、入力画像中のそれぞれの物体に対して、物体の特徴を取得する処理を行う。画像中の物体の特徴と、目標物体の特徴を比較し、目標物体がどれであるかを判断する。

3. 物体特徴知識ベース

物体の特徴を登録する知識ベース(物体特徴知識ベース)を構築した。物体特徴知識ベースには物体名、第一基本色、第二基本色(4.1 節で述べる)、形、大きさを格納した。物体特徴知識ベースは人手で構築し、それぞれの物体の特徴は、各々単体で写った画像を本稿で提案する色、形、大きさの判断手法(4 章で述べる)で取得し登録した。登録されている物体数は 20 個で果物や野菜など身近で扱われているものを登録した。物体特徴知識ベースの一部を表 1 に示す。

表 1 物体特徴知識ベースの一部

物体名	第一基本色	第二基本色	形	大きさ
リンゴ	赤	なし	円	2000
トマト	赤	緑	円	800
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[†] 同志社大学大学院 工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

[‡] 同志社大学 理工学部

Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

4. 物体特徴抽出

4.1 色の特徴抽出

色の判断には均等色空間である L*a*b*表色系を用いた。均等色空間とは人間が見たときの色の距離感と色空間での距離が比例する色空間であり、人間の直感に近い色の判断が数値で行うことができる。つまり、式(1)によって求められる色 $X(L_x, a_x, b_x)$ と色 $Y(L_y, a_y, b_y)$ の距離が小さいほど 2 色は近い色であるということになる。

$$\sqrt{(L_x - L_y)^2 + (a_x - a_y)^2 + (b_x - b_y)^2} \quad (1)$$

本稿では人間が日常的に良く使うであろう“赤”、“緑”、“青”、“黄”、“茶”、“黒”、“白”、“灰”、“ピンク”、“オレンジ”、“水色”、“黄緑”の 12 色を基本色として L*a*b*表色系の座標とともに定めた。物体の各画素で基本色との色の距離を計算して最小のものに置き換え、入力画像を物体を基本色のみ置き換えた画像を作成する。次に各基本色の全画素中にしめる割合を調べ、最も多いものを第一基本色とする。物体は一つの基本色のみ割合が大きいため、もし 2 番目に基本色が一定以上の割合の場合その色を第二基本色とする。しかし、影や光の反射などの影響で違う色に置き換わった第一基本色が第二基本色となってしまうことがある。例を図 1 に示す。



基本色の割合

赤 43%
オレンジ 30%
緑 15%
白 6%

図 1 基本色の割合

図 1 はトマトで第二基本色はオレンジではない。オレンジの割合が多くなったのは、赤が光の反射で色が変わったためである。そこで、影などの影響で置き換えられる可能性のある色相の近い色を系統色として定め、系統色ならば第二基本色としない。系統色は基本色 12 色それぞれに対して定めた。系統色の一部を表 2 に示す。

表 2 系統色の一部

色名	系統色
赤	茶色, ピンク, 紫, オレンジ
緑	青, 黄色
⋮	⋮

表 2 のように赤系統を定めているため、図 1 は第一基本色は赤、2 番目のオレンジは赤系統のため第二基本色とせず 3 番目の緑が第二基本色となる。これにより、影や光の反射の影響による色の判断のミスを減らすことが出来る。

4.2 形の特徴抽出

形の判断は用意した基本テンプレートを変形させてマッチングを行う変形テンプレートマッチング法を提案する。基本テンプレートとして円系統、多角形系統を用意し、それぞれ図 2、図 3 のように変形させる。またどちらのテンプレートも一致しない場合の形状は“複雑”とする。



図 2 円系統の変形方法

円系統のテンプレートの変形方法は、図 2 のようにまず物体の領域内で縦軸、横軸の最大、最小となる端点をとる。その中で距離が最大となる点を結びそれを長軸とする。次に長軸に垂直な線で、図形内での長さが最大となるものを短軸とする。次に物体の重心を中心として、長軸と短軸の比で楕円を描く。



図 3 多角形系統の変形方法

多角形系統のテンプレートの変形方法は、図 3 のように、図 2 と同様に端点を取り、その後その 4 点を長軸を通らないように結び四角形を描く。

円系統、多角形系統両方のテンプレートを変形させた後、それぞれのテンプレートに対し一致度計算を行う。一致度とは物体の全画素のうち、テンプレートと重なっている画素数の割合のこととし、式(2)によって求める。

$$\text{一致度} = \frac{\text{テンプレートと物体の重なった画素数}}{\text{物体の全画素数}} \quad (2)$$

一致度が高い方を物体の基本形状とする。さらに基本形状(円、多角形)のなかで、形の詳細を定める。円系統では“円”“楕円”“細長い”を詳細形状とし、多角形系統では“三角形”“四角形”を詳細形状とする。詳細形状は表 3 の基準で求めた。どちらの一致度も 0.5 以下の場合、形は“複雑”とした。

表 3 詳細判断の基準

円系統の詳細形状		多角形系統の詳細形状	
長軸：短軸	詳細な形	向かい合う辺の比	詳細な形
1:0.7 以上	円	1:8 未満	四角形
1:0.3 以上	楕円	1:8 以上	三角形
1:0.3 未満	細長い		

4.3 大きさの特徴抽出

本研究ではカメラは固定して物体と撮影地点の距離を一定にして行った。そのため物体の大きさは画像中に占める面積で求めることが出来る。よって、画像中の物体の画素数を大きさとする。

5. 物体の特徴の比較

画像中から得た物体の特徴と目標物体の特徴との比較を点数付けによって行った。色、形、大きさはそれぞれ 50 点満点とし、総得点が 110 点以上であればその物体は目標物体とした。110 点は実験的に定めた。物体の特徴はそれぞれ完全に一致すれば 50 点とし、一致しない場合は表 4、形は表 5 の基準で点数を与えた。これは、物体の特徴抽出時の誤差が物体判断に影響しないように、実験的に定めた点数である。例えば、表 4 のように第一基本色と第二基本色が入れ替わってしまった場合は 40 点を与えるなど認識の誤差に対応できるようにした。大きさは誤差 200 ピクセルごとに 10 点ずつ減点する。

表 4 色の点数付け基準

第一基本色	第二基本色	点数
第二基本色と一致	第一基本色と一致	40
一致	系統色と一致	40
:	:	:

表 5 形の点数付け基準

物体特徴知識ベースの形	画像中の物体の形	点数
円	楕円	40
楕円	円	35
:	:	:

6. 実験

物体特徴知識ベースに登録した 20 個の物体のうち 2 つが写った画像 20 枚、3 つが写った画像 10 枚に対して、画像中の物体名を一つずつ入力し正しい物体認識ができるかを実験した。評価方法は、以下の通りとした。結果を図 4 に示す。

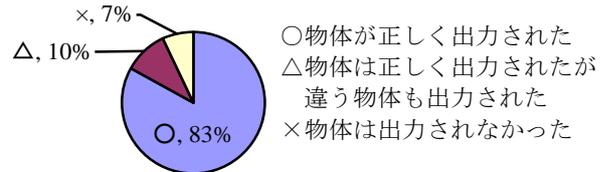


図 4 実験結果

実験の結果、成功となった例を図 5 に示す。図 5 は目標物体を“りんご”としたときの結果である。

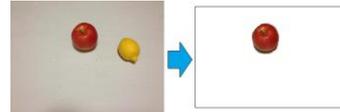


図 5 成功例

7. 考察

○が 83% であり精度の高い物体認識が行えた。×となった原因は二つある。一つは変形テンプレートマッチングの変形が失敗したり色が影で置き換わって抽出されてしまったり等、物体の特徴が正しく取得できなかったためである。テンプレートの書き方の改良など物体の特徴の取得方法の改良の必要がある。もう一つはリンゴとトマトなど物体の特徴が非常に近いうち、両方を目標物体であると判断した場合である。これは他の機能の追加や新しい物体特徴の追加などで補う必要がある。

8. おわりに

本研究では色、形、大きさの物体の特徴を基に物体の判断を行い、高い精度で目標物体の認識が出来た。本研究で用いた知識ベースは独自のもので小規模なものであるが、大きな知識ベースを基にすれば、より多くの物体を判断することが出来、活用範囲を広げることが出来ると考えられる。今後の展望として、独自の知識ベースをより大きく拡張したり、物体の特徴が似ている場合でも判断できるように、新しい物体の特徴の情報を追加したりすることが考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究(B)42700215)の補助を受けて行った。

参考文献

[1]柳井 啓司, “一般物体認識の現状と今後”, 情報処理学会論文誌, コンピュータビジョンとイメージメディア 48(SIG_16(CVIM_19)), pp1-24, 2007
 [2]森田 順也, 岩井 儀雄, 谷内田 正彦, “室内における背景と物体の分離”, 情報処理学会研究報告 CVIM, pp9-16, 2002